


Veröffentlichungsnr. (Sek.) DE19548467  
 Veröffentlichungsdatum : 1997-06-26  
 Erfinder : GABUS PHILIPPE (CH); INGOLD MATHIAS DR (CH)  
 Anmelder : ABB RESEARCH LTD (CH)  
 Veröffentlichungsnummer :  DE19548467  
 Aktenzeichen:  
 (EPIDOS-INPADOC-normiert) DE19951048467 19951222  
 Prioritätsaktenzeichen:  
 (EPIDOS-INPADOC-normiert) DE19951048467 19951222  
 Klassifikationssymbol (IPC) : G01D11/10; G01L1/04; G01L1/16; F16F3/00; F16F15/08;  
 G01R15/24  
 Klassifikationssymbol (EC) : G01D11/10, F16F3/08, F16F15/03, F16F15/08M, G01R15/24B,  
G01R15/24D  
 Klassifikationssymbol (EC) : G01D11/10; F16F3/08; F16F15/03; F16F15/08M; G01R15/24B;  
 G01R15/24D  
 Korrespondierende  
 Patentschriften

---

#### Bibliographische Daten

---

The oscillation damper unit includes a side (S1) for force application, mechanically connected by a spring (4) with a carrier (1). In the unit, on a second side, there is a second spring (5) connected to the carrier. The springs are opposed, and on moving the unit, one is compressed, the other expands. Preferably, the damping constants of the springs differ by  $\leq 20\%$  from each other. A further spring (D2) may be added in parallel, subjected purely to compression. This is preferably of silicone foam, precompressed to a degree exceeding any expected deflection. The device is a cylindrical transducer, especially a piezoelectric, fibre optic stress sensor, and is fully encapsulated in silicone foam.

---

Daten aus der **esp@cenet** Datenbank - - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①0 DE 195 48 467 A 1

②1 Aktenzeichen: 195 48 467.3  
②2 Anmeldetag: 22. 12. 95  
②3 Offenlegungstag: 28. 6. 97

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 01 D 11/10  
G 01 L 1/04  
G 01 L 1/18  
F 16 F 3/00  
F 16 F 15/08  
G 01 R 15/24

DE 195 48 467 A 1

⑦1 Anmelder:  
ABB Research Ltd., Zürich, CH

⑦4 Vertreter:  
Rupprecht, K., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 61476 Kronberg

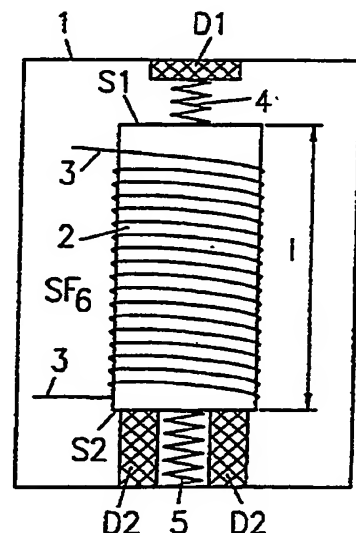
⑦2 Erfinder:  
Gabus, Philippe, Birmenstorf, CH; Ingold, Mathias,  
Dr., Unterengstringen, CH

⑤5 Entgegenhaltungen:  
DE 20 43 941 B2  
DE-AS 10 92 258  
DE 43 42 410 A1  
DE 36 38 009 A1  
DE 35 40 670 A1  
DE 32 26 873 A1  
DE 30 10 294 A1  
DE 29 52 660 A1  
US 28 45 263  
US-Z: BOHNERT, K.M.;  
NEHRING, J.: Fiber-optic sensing of electric field  
components. In: Applied Optics, Vol. 27, 1  
December 1988, No. 23, S. 4814-4818;

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Schwingungsgedämpfter Apparat

⑤7 Meßwandler, insbesondere vertikal ausgerichtete faseroptische Spannungssensoren (2) aus Quarz, auf deren Zylinderumfang eine optische Faser (3) eng anliegend gewickelt ist, sind an ihrer oberen Querschnittsfläche bzw. 1. Kraftangriffseite (S1) über ein Dämpfungselement (4, D1) und an ihrer unteren Querschnittsfläche bzw. 2. Kraftangriffseite (S2) über ein Dämpfungselement (5, D2) gegenüber einem Gehäuse (1) schwingungsgedämpft gelagert. Die Feder- und Dämpfungskonstanten der oberen und unteren Dämpfungselemente sind gleich. Als Dämpfungselemente können auf Druck und Zug beanspruchbare Federelemente (4, 5) in Reihe oder parallel zu nur auf Druck beanspruchbaren Druckfederelementen (D2) oder beidseitig oder allseitig nur auf Druck beanspruchbare Druckfederelemente (D1, D2) aus Silikonschaumstoff verwendet werden. Durch eine derartige Schwingungsdämpfung wirken sich Erschütterungen, die über das Gehäuse (1) auf die Meßwandler (2) einwirken können, nicht meßwertverfälschend aus.



DE 195 48 467 A 1

## TECHNISCHES GEBIET

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem schwingungsgedämpften Apparat nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

## STAND DER TECHNIK

Mit dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 nimmt die Erfindung auf einen Stand der Technik Bezug, wie er aus der DE 30 10 294 C2 bekannt ist. Dort sind Stromrichter über Isolatoren an einem Joch aufgehängt, welches mit 2 in vertikaler Richtung federnden und dämpfenden Elementen in Wirkverbindung steht. Alternativ dazu kann die Bodenseite der Stromrichter über schräg nach unten verlaufende elektrische Isolatoren in Reihe zu Dämpfungselementen mit dem Boden verspannt sein, um eine erdbebenfeste Aufhängung der Stromrichter zu gewährleisten.

Aus der DE 36 36 009 A1 ist es bekannt, einen Hochspannungsschalter über einen Schwingungsdämpfer an einer Kugel eines Kugellagers aufzuhängen, welches an einem Tragbalken angebracht ist. Der Schwingungsdämpfer hat einen mit Flüssigkeit gefüllten Zylinder, in welchem ein nicht ganz dicht schließender Kolben beweglich und durch eine Druckfeder abgestützt ist.

Nachteilig in beiden bekannten Fällen ist es, daß sich der schwingungsgedämpfte Apparat beim Auftreten einer von außen kommenden mechanischen Schwingung deformiert, insbesondere in seiner Längsrichtung, da nur von einer Seite eine Kraft auf ihn einwirkt.

Zum einschlägigen Stand der Technik wird zusätzlich auf die DE 43 42 410 A1 verwiesen, aus der eine Strommeßeinrichtung mit einem magneto-optischen Stromsensor bekannt ist, für den die erfindungsgemäße Schwingungsdämpfung ebenfalls besonders geeignet ist.

Aus der Veröffentlichung von K. Bohnert und J. Nehring, Appl. Opt. 27 (1988), S. 4814—4818, ist eine faseroptische Spannungsmeßeinrichtung bekannt, bei der diese Schwingungsdämpfung anwendbar ist.

Insbesondere bei Meßsensoren, die zum Auslösen von Schutzmaßnahmen eingesetzt werden, können schwingungsbedingte Fehlanzeigen bzw. -auslösungen nicht toleriert werden. Mechanische Kräfte parallel zur Quarzzylinderachse eines solchen Sensors bewirken über die Poisson'sche Querdehnung des Quarzes eine Faserdehnung, die zu einem Störsignal führt.

## DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Die Erfindung, wie sie im Patentanspruch 1 definiert ist, löst die Aufgabe, einen schwingungsgedämpften Apparat der eingangs genannten Art derart weiterzuentwickeln, daß sich bei von außen einwirkenden mechanischen Erschütterungen die resultierenden Längenänderungen des Apparates wenigstens annähernd gegenseitig aufheben.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen definiert.

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, daß funktionsstörende Auswirkungen auf den Apparat durch eine spezielle Aufhängung reduziert oder vermieden werden.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung können schwingungsbedingte Dehnungen von op-

tischen Spannungssensoren kompensiert werden, so daß insgesamt keine schwingungsbedingte Meßwertverfälschung resultiert. Bei einem Faser-Spannungssensor macht man sich dabei die Tatsache zunutze, daß die Faser nur die über die Faserlänge gemittelte Querdehnung des Quarzes mißt.

## KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Prinzipdarstellung eines endseitig schwingungsgedämpften faseroptischen Spannungssensors mit Federelementen, die nur auf Druck und solchen, die auf Zug und Druck beanspruchbar sind,

Fig. 2 eine Prinzipdarstellung eines endseitig schwingungsgedämpften faseroptischen Spannungssensors mit Federelementen, die nur auf Druck beanspruchbar sind,

Fig. 3 einen kreiszylindrischen, schwingungsgedämpften faseroptischen Spannungssensor mit seitlichen und endseitigen Federelementen, die nur auf Druck beanspruchbar sind,

Fig. 4 einen kegelstumpfförmigen faseroptischen Spannungssensor und

Fig. 5 einen Plattenkondensator, der zur Schwingungsdämpfung in einen Silikonschaumstoff eingegossen ist.

## WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

In den Figuren sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Fig. 1 zeigt einen kreiszylindrischen Apparat bzw. Meßwandler bzw. piezoelektrischen, faseroptischen Spannungssensor (2) aus Quarz der Länge (1), der mit einer seiner Hauptachsen vertikal ausgerichtet ist, mit einer auf seinem Zylinderumfang enganliegenden und gleichmäßig aufgewickelten optischen Faser (3).

Im elektrischen Feld erfährt der Quarzzylinder (2) eine Umfangsänderung, welche durch die resultierende Längenänderung der Glasfaser interferometrisch gemessen wird. Eine Deformation des Quarzkörpers (2) infolge von Erschütterungen ist unerwünscht und kann zu einer fehlerhaften Änderung der Faserlänge der optischen Faser (3) führen. Um solche Fehler zu verhindern, muß eine Verlängerung oder Dehnung der optischen Faser (3) in einem Bereich des Quarzkörpers (2) durch eine ebensolange Verkürzung in einem anderen Bereich ausgeglichen werden, so daß die Summe aller mechanisch bedingten Längenänderungen der aufgewickelten optischen Faser (3) = 0 ist. Um dies zu erreichen, wird der faseroptische Spannungssensor (2) an seinen ebenen Endflächen bzw. 1. und 2. Kraftangriffsseiten (S1, S2) über je mindestens ein elastisches Medium "schwimmend" in einem Gehäuse oder in einer Dämpfungseinrichtung oder Trageinrichtung (1) gelagert. Aus dielektrischen Gründen ist der Quarz (2) z. B. von SF<sub>6</sub>-Gas umgeben.

Die obere 1. Kraftangriffsseite (S1) des faseroptischen Spannungssensors (2) ist über ein 1. auf Druck und Zug beanspruchbares Dämpfungselement bzw. Federelement (4) in Reihe mit einem vorgespannten, nur auf Druck beanspruchbaren Federelement bzw. Dämpfungselement bzw. Druckfederelement (D1) an der Oberseite der Trageinrichtung (1) abgestützt. Die untere 2. Kraftangriffsseite (S2) des faseroptischen Spannungssensors (2) ist über ein 2. auf Druck und Zug beanspruchbares Dämpfungselement bzw. Federelement (5)

parallel zu einem vorgespannten, ringförmigen, nur auf Druck beanspruchbaren Federelement bzw. Dämpfungselement bzw. Druckfederelement (D2) an der Bodenseite der Trageinrichtung (1) abgestützt. Es versteht sich, daß an der 2. Kraftangriffsseite (S2) die gleiche Dämpfungsanordnung (4, D1) wie an der 1. Kraftangriffsseite (S1) vorgesehen sein könnte und umgekehrt.

Als Federelemente (4, 5) sind metallische Federn, mit im Auslenkungsbereich linearer Charakteristik mit oder ohne Vorspannung anwendbar, die jedoch nur schwach gedämpft sind. Als Druckfederelemente (D1, D2) eignen sich Schaumstoffe, vorzugsweise Silikonschaumstoffe, die so stark vorgespannt sein müssen, daß sie bei einer maximal zu erwartenden Auslenkung des faseroptischen Spannungssensors (2) nicht einseitig abheben; im Auslenkungsbereich müssen sie wenigstens näherungsweise linear sein, d. h., ihre Federkraft ist proportional zur Auslenkung und ihre Reibungskraft proportional zur Geschwindigkeit der Auslenkungsbewegung.

Die Dämpfungskonstanten des oberen Dämpfungsgliedes (4, D1) und des unteren Dämpfungsgliedes (5, D2) sollen einander gleich sein oder höchstens um 20% voneinander abweichen. Das Gleiche gilt für die Federkonstanten dieser beiden Dämpfungsglieder.

Fig. 2 zeigt im Querschnitt einen faseroptischen Spannungssensor (2) gemäß Fig. 1 mit endseitig angebrachten oberen bzw. unteren Flanschen bzw. Kraftangriffselementen (6, 7), welche jeweils an der ganzen Endfläche (S1, S2) aufliegen und sich zumindest im Abstützbereich von ringförmigen, nur auf Druck beanspruchbaren Druckfederelementen (D11–D14) aus Silikonschaumstoff waagerecht ausgerichtet sind. Vorzugsweise nicht vorgespannte Druckfederelemente (D11, D13) sind zwischen der Oberseite des Kraftangriffselementes (6) bzw. (7) und der Trageinrichtung (1) anliegend angeordnet und vorzugsweise nicht vorgespannte Druckfederelemente (D12, D14) zwischen der Unterseite des Kraftangriffselementes (6) bzw. (7) und der Trageinrichtung (1). Wichtig ist, daß die Kraft möglichst gleichmäßig auf die Quarzzylinderachse (A) wirkt. Insbesondere können die Kontaktflächen der Kraftangriffselemente (6, 7) ringförmig sein.

Wenn auf den faseroptischen Spannungssensor (2) gleichgerichtete und gleich große äußere Kräfte (F1, F2) einwirken, so bewirken sie auf der 1. Kraftangriffsseite (S1) einen Zug und auf der 2. Kraftangriffsseite (S2) einen gleich großen Druck. Eine in Fig. 2 nicht dargestellte optische Faser (3), vgl. Fig. 1, wird im oberen Bereich des Quarzkörpers (2) gestaucht und in dessen unterem Bereich gedehnt, so daß deren Längenänderung insgesamt = 0 ist, mit der Wirkung, daß keine Längenänderung der optischen Faser (3) resultiert. Die äußeren Kräfte (F1, F2) wirken parallel zu einer Zylinderachse (A) des faseroptischen Spannungssensors (2) auf die Zylinderenden (S1, S2). Eine typische Krafteinwirkung erfolgt über das starre Gehäuse (1) auf den darin "schwimmend" gelagerten faseroptischen Spannungssensor (2).

Alle Federelemente (4, D1; 5, D2; D11–D14) verhalten sich in ihrem Anwendungsbereich weitgehend linear. Die transversale und axiale (über die Poisson'sche Querdehnung) Quarzdeformation findet im linear elastischen Bereich statt. Die kristallographische x-Achse des Quarzes (2) liegt parallel zu dessen Zylinderachse (A); die kristallographischen y- und z-Achsen sind senkrecht zur Zylinderachse (A) und zueinander orientiert.

Für nicht vorgespannte Druckfederelemente (D11–D14) muß gelten: die Dämpfungs- und Feder-

konstanten für die Druckfederelemente (D11) und (D13) sind einander auf  $\pm 20\%$  gleich, ebenso sind die Druckfederelemente (D12) und (D14) einander auf  $\pm 20\%$  gleich. Ein Vorteil dieser Ausführung ist, daß die Druckfederelemente (D11–D14) in unbelastetem Zustand langsamer altern als vorgespannte.

Mit vorgespannten Druckfederelementen (D11–D14) sollen die Summe der Dämpfungskonstanten der oberen Druckfederelemente (D11, D12) und die Summe der Dämpfungskonstanten der unteren Druckfederelemente (D13, D14) einander gleich sein oder höchstens um 20% voneinander abweichen. Das Gleiche gilt für die Federkonstanten dieser oberen und unteren Druckfederelemente. Vorzugsweise soll die Einfederung aller Druckfederelemente (D11–D14) in mm gleich groß sein. Dies wird durch Verwendung von Druckfederelementen (D11–D14) aus Silikonschaumstoff erreicht, welche gleiche Auflageflächen, Dicke und Dichte besitzen. Anstelle von Schaumstoff kann vorteilhaft auch eine Epoxivergußmasse verwendet werden. Ein Vorteil dieser Ausführungen besteht darin, daß sich sogar die Druckfederelemente (D11–D14) mit nichtlinearer Charakteristik in ihrer Summenwirkung auch bei größeren Auslenkungen näherungsweise linear verhalten.

Fig. 3 zeigt in einem Querschnitt eine Dämpfungseinrichtung (1) mit einem faseroptischen Spannungssensor (2) gemäß Fig. 2. Das obere waagerechte Kraftangriffselement (6) ist über einen kreiszylindrischen Kraftkoppler (8) mit der gesamten oberen Fläche (S1) des faseroptischen Spannungssensors (2) kraftschlüssig verbunden. Die gesamte untere Fläche (S2) des faseroptischen Spannungssensors (2) ist kraftschlüssig mit einem kreiszylindrischen Kraftkoppler (9) verbunden, welcher gegenüber der Bodenfläche der Dämpfungseinrichtung (1) durch ein 5. Druckfederelement (D5) gedämpft ist.

Randseitig bzw. um den Zylinderumfang der Kraftkoppler (8, 9) sind vorgespannte, ringförmige Druckfederelemente (D3) bzw. (D4) vorgesehen, welche mit Seitenwänden der Dämpfungseinrichtung (1) in Wirkverbindung stehen und horizontale Schwingungen dämpfen.

Mit (10) sind Stahlfedern bezeichnet, durch welche für die Druckfederelemente (D11–D14) eine vorgebbare Vorspannung eingestellt werden kann. Die Bezugszeichen (11) und (12) bezeichnen Beryllium-Kupfer-Federn zur elektrischen Kontaktierung des Kraftkopplers (8) und damit des Spannungssensors (2), welche ebenfalls horizontale Schwingungen abfedern.

Wichtig ist, daß die Druckfederelemente (D11, D12, D5) so stark vorgespannt sind, daß sie in ihrem vorgesehenen Auslenkungsbereich nicht spannungslos werden, daß die Summe der Dämpfungskonstanten der 1. und 2. Druckfederelemente (D11, D12) höchstens um 20% von der Dämpfungskonstanten des 5. Druckfederelementes (D5) abweicht, daß die Summe der Federkonstanten der 1. und 2. Druckfederelemente (D11, D12) höchstens um 20% von der Federkonstanten des 5. Druckfederelementes (D5) abweicht, oder daß die Druckfederelemente (D11, D12, D5) nicht vorgespannt sind und daß dann sowohl die Dämpfungs- und Federkonstanten des 1. Druckfederelementes (D11) als auch des 2. Druckfederelementes (D12) höchstens um 20% von der Dämpfungs- und Federkonstanten des 5. Druckfederelementes (D5) abweichen.

Es versteht sich, daß der faseroptische Spannungssensor (2) nicht kreiszylindrisch sein muß, wie in den Fig. 1–3 dargestellt, sondern z. B. ovalen Querschnitt

haben kann (nicht dargestellt) oder kegelstumpfförmig gestaltet sein kann, wie in Fig. 4 mit dem Bezugszeichen (2') dargestellt. Mit (d1) ist der kleinste und mit (d2) der größte Durchmesser des faseroptischen Spannungssensors (2') bezeichnet. Eine eng um den Kegelstumpf des faseroptischen Spannungssensors (2') gewickelte optische Faser (3') weist eine Wicklungsdichte auf, die proportional zum jeweiligen Durchmesser dieses Kegelstumpfes ist, so daß sich vom faseroptischen Spannungssensor (2') auf die optische Faser (3') übertragene mechanische Schwingungen in der Summe zu 0 addieren und somit kein optisches Signal erzeugen.

Fig. 5 zeigt als Apparat (2) einen schwingungsgedämpften Plattenkondensator (C), der allseitig von einem nur auf Druck beanspruchbaren, vorgespannten Schaumstoff (D6) umgeben, vorzugsweise in einen Silikonschaumstoff eingebettet ist. Auch durch diese Dämpfungsmaßnahme wird erreicht, daß die Kapazität des Plattenkondensators (C) bei Einwirkung mechanischer Schwingungen auf das ihn umgebende Gehäuse (1) konstant bleibt und damit Meßgrößen, die von der Kapazität abhängen, unbeeinflusst bleiben.

#### Bezugszeichenliste

1 Trageinrichtung, Gehäuse, Dämpfungseinrichtung  
2, 2' Apparat, Meßwandler, piezoelektrischer, faseroptischer Spannungssensor  
3, 3' optische Fasern  
4, 5 auf Druck und Zug beanspruchbare Federelemente bzw. Dämpfungselemente  
6, 7 Kraftangriffselemente, Flansche  
8, 9 Kraftkoppler  
10 Stahlfedern  
11, 12 Beryllium-Kupfer-Federn  
A Zylinderachse, Richtung  
C Plattenkondensator  
d1, d2 kleinster bzw. größter Durchmesser von 2'  
D1—D6; D11—D14; nur auf Druck beanspruchbare Federelemente bzw. Dämpfungselemente, Druckfederelemente  
F1, F2 Kräfte an 2  
1 Länge von 2  
S1, S2 Kraftangriffsseiten, obere bzw. untere Querschnittsflächen von 2, 2'.

#### Patentansprüche

##### 1. Schwingungsgedämpfter Apparat

- a) der mit einer 1. Kraftangriffsseite (S1) über mindestens ein 1. Federelement (4, D1; D11, D12; D6) mit einer Trageinrichtung (1) in Wirkverbindung steht, dadurch gekennzeichnet,
- b) daß der Apparat (2) mit mindestens einer 2. Kraftangriffsseite (S2) über mindestens ein 2. Federelement (5, D2; D13, D14; D5) mit dieser Trageinrichtung (1) in Wirkverbindung steht,
- c) daß diese 1. und 2. Federelemente (4, D1; D11, D12; 5, D2; D13, D14; D5) entgegengesetzt wirkend so angeordnet sind, daß eine Bewegung des Apparates (2) in einer vorgebbaren Richtung (A) das 1. Federelement (4, D1; D11, D12; D6) zusammendrückt und gleichzei-

tig das 2. Federelement (5, D2; D13, D14; D5) entlastet oder dehnt, und

d) daß die Federkonstanten des 1. Federelementes (4, D1; D11, D12; D6) und des 2. Federelementes (5, D2; D13, D14; D5) höchstens um 20% voneinander abweichen.

2. Schwingungsgedämpfter Apparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dämpfungskonstanten des 1. Federelementes (4, D1; D11, D12; D6) und des 2. Federelementes (5, D2; D13, D14; D5) höchstens um 20% voneinander abweichen.

3. Schwingungsgedämpfter Apparat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß parallel zu mindestens einem Federelement (5) mindestens ein vorgespanntes Druckfederelement (D2) kraftschlüssig angeordnet ist, welches nur auf Druck beanspruchbar ist.

4. Schwingungsgedämpfter Apparat nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Federelemente (D11—D14; D5, D6) nur auf Druck beanspruchbar sind.

5. Schwingungsgedämpfter Apparat nach einem der Ansprüche 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet,

- a) daß die nur auf Druck beanspruchbaren Federelemente (D1, D2; D11—D14; D5, D6) aus Schaumstoff,
- b) insbesondere aus Silikonschaumstoff bestehen und
- c) stärker vorgespannt sind, als es einer vorgebbaren, maximal zu erwartenden Auslenkung entspricht.

6. Schwingungsgedämpfter Apparat nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet,

- a) daß der Apparat (2) mit einer seiner Hauptachsen vertikal ausgerichtet ist,
- b) daß der Apparat (2) mindestens an einer seiner Kraftangriffsseiten (S1, S2) mit mindestens einem flanschförmigen Kraftangriffselement (6, 7) in Wirkverbindung steht,
- c) daß das mindestens eine Kraftangriffselement (6, 7) mit mindestens 2 Federelementen (D11—D14; D5) gegenüber der Trageinrichtung (1) abgestützt ist,
- d) wovon mindestens ein Federelement (D11, D13) oberhalb und mindestens ein Federelement (D12, D14) unterhalb dieses mindestens einen Kraftangriffselementes (6, 7) angebracht ist,
- e) insbesondere, daß das 2. Federelement ein 5. Druckfederelement (D5) ist,
- f) daß alle Druckfederelemente (D11, D12, D5) so stark vorgespannt sind, daß sie in ihrem vorgesehenen Auslenkungsbereich nicht spannungslos werden,
- g) daß die Summe der Dämpfungskonstanten der 1. und 2. Druckfederelemente (D11, D12) höchstens um 20% von der Dämpfungskonstanten des 5. Druckfederelementes (D5) abweicht,
- h) daß die Summe der Federkonstanten der 1. und 2. Druckfederelemente (D11, D12) höchstens um 20% von der Federkonstanten des 5. Druckfederelementes (D5) abweicht, oder
- i) daß die Druckfederelemente (D11, D12, D5) nicht vorgespannt sind und
- j) daß dann sowohl die Dämpfungs- und Federkonstanten des 1. Druckfederelementes (D11)

als auch des 2. Druckfederelementes (D12) höchstens um 20% von der Dämpfungs- und Federkonstanten des 5. Druckfederelementes (D5) abweichen.

7. Schwingungsgedämpfter Apparat nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet,

- a) daß der Apparat (2) mit einer seiner Hauptachsen vertikal ausgerichtet ist,
- b) daß der Apparat (2) an einer 1. Kraftangriffsseite (51) mit mindestens einem 1. flanschförmigen Kraftangriffselement (6) und an einer 2. Kraftangriffsseite (52) mit mindestens einem 2. flanschförmigen Kraftangriffselement (7) in Wirkverbindung steht,
- c) daß das 1. Kraftangriffselement (6) mit einem 1. Druckfederelement (D11) oberhalb des 1. Kraftangriffselementes (6) und mit einem 2. Druckfederelement (D12) unterhalb des 1. Kraftangriffselementes (6) gegenüber der Trageinrichtung (1) abgestützt ist,
- d) daß das 2. Kraftangriffselement (7) mit einem 3. Druckfederelement (D13) oberhalb des 2. Kraftangriffselementes (7) und mit einem 4. Druckfederelement (D14) unterhalb des 2. Kraftangriffselementes (7) gegenüber der Trageinrichtung (1) abgestützt ist,
- e) daß alle Druckfederelemente (D11, D12, D5) so stark vorgespannt sind, daß sie in ihrem vorgesehenen Auslenkungsbereich nicht spannungslos werden,
- f) daß die Summe der Dämpfungskonstanten der 1. und 2. Druckfederelemente (D11, D12) höchstens um 20% von der Summe der Dämpfungskonstanten der 3. und 4. Druckfederelemente (D13, D14) abweichen,
- g) daß die Summe der Federkonstanten der 1. und 2. Druckfederelemente (D11, D12) höchstens um 20% von der Summe der Federkonstanten der 3. und 4. Druckfederelemente (D13, D14) abweichen, oder
- h) daß die Druckfederelemente (D11—D14) nicht vorgespannt sind und
- i) daß dann die Dämpfungs- und Federkonstanten des 1. Druckfederelementes (D11) höchstens um 20% von der Dämpfungs- und Federkonstanten des 3. Druckfederelementes (D13) abweichen und
- j) daß die Dämpfungs- und Federkonstanten des 2. Druckfederelementes (D12) höchstens um 20% von der Dämpfungs- und Federkonstanten des 4. Druckfederelementes (D14) abweichen.

8. Schwingungsgedämpfter Apparat nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- a) daß der Apparat ein zylindrischer Meßwandler,
- b) insbesondere ein piezoelektrischer, faseroptischer Spannungssensor (2) ist.

9. Schwingungsgedämpfter Apparat nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der faseroptische Spannungssensor (2) eine auf seinem Zylinderumfang aufgewickelte optische Faser (3) aufweist, deren Wicklungsdichte proportional zum jeweiligen Durchmesser (d1, d2) des Zylinders des faseroptischen Spannungssensors (2) ist.

10. Schwingungsgedämpfter Apparat nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

- a) daß der Apparat (C) allseitig in einen Schaumstoff (D6),
- b) insbesondere in einen Silikonschaumstoff eingebettet ist.

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

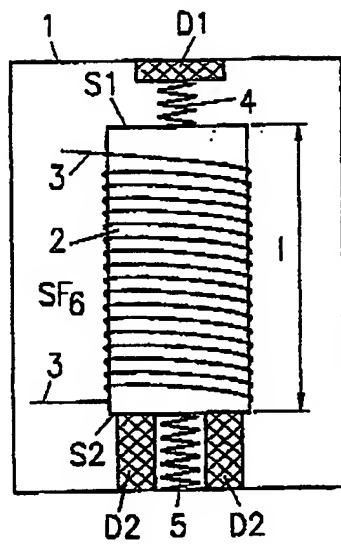


FIG. 1

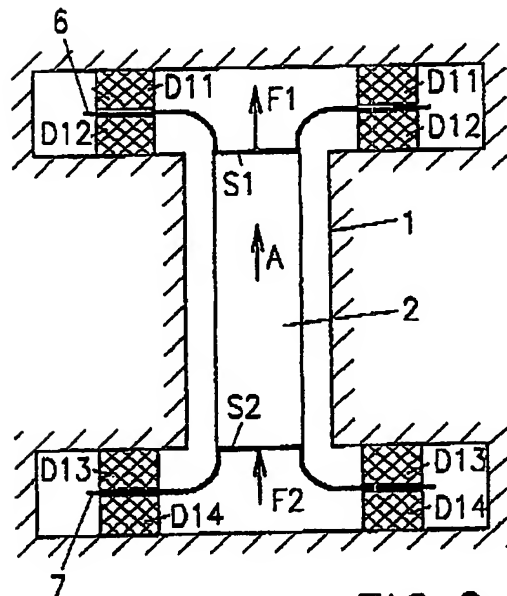


FIG. 2

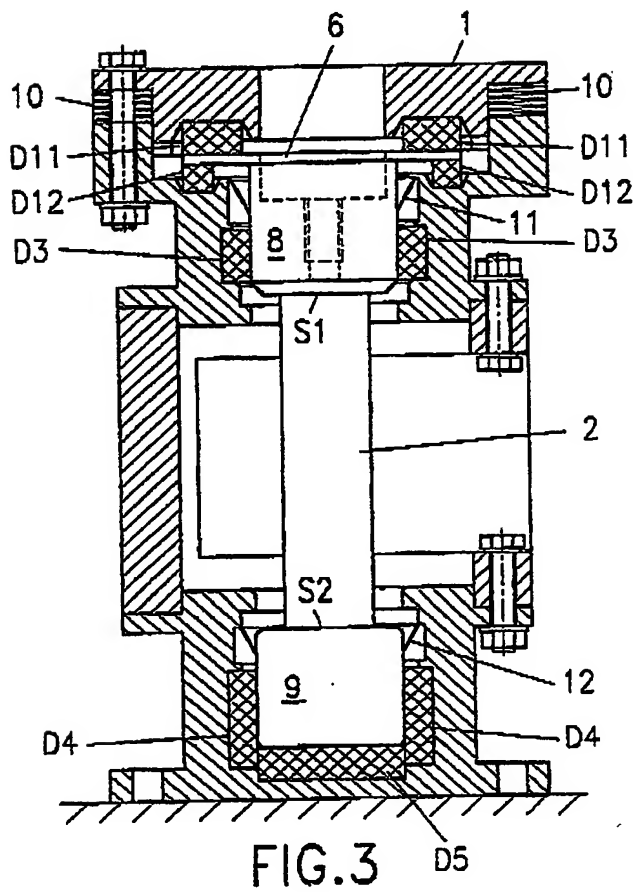


FIG. 3

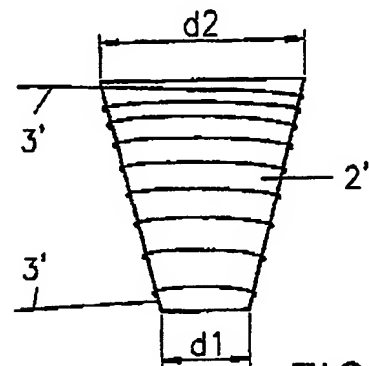


FIG. 4

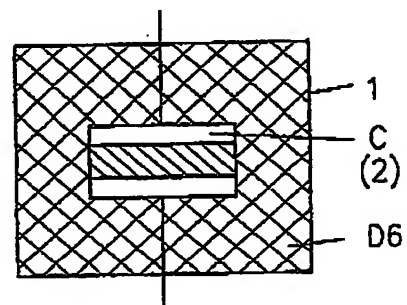


FIG. 5